

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-197440

(43)Date of publication of application : 31.07.1998

(51)Int.Cl.

G01N 15/14

(21)Application number : 09-004794

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 14.01.1997

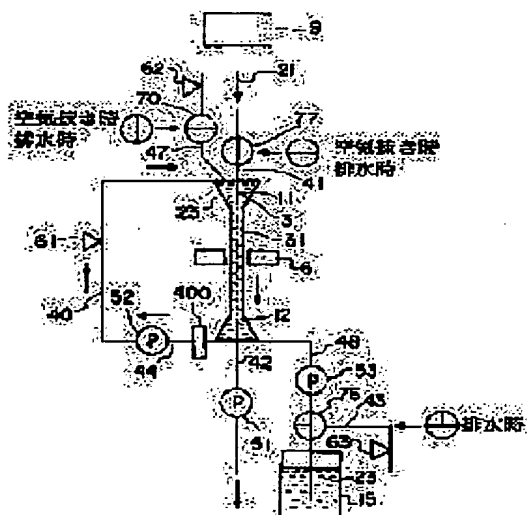
(72)Inventor : ENOKI HIDEO
 MIYAKE AKIRA
 YAMAZAKI ISAO
 TSUKADA KATSUO
 HARADA KATSUHIITO
 KUROISHI TADAFUMI
 YODA MIKIO
 HARA NAOKI
 ENBUTSU ICHIROU
 MIYASHIRO AKIRA

(54) PARTICLE ANALYZER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the consumption of a sheath solution by preventing the contamination of the sheath solution with a sample solution.

SOLUTION: Capillary tubes 11 and 12 having openings which are faced oppositely to each other at positions on the insides of both ends of a transparent thin tube section 31 are arranged on the center axis line of the tube section 31 and the suction side of a pump 51 is connected to the tube 12. The suction side of another pump 52 is connected to the end of the section 31 on the tube 12 side through a flow passage 44 and the discharge side of the pump 52 is connected to the end of the tube section 31 on the tube 11 side through another flow passage 40. In addition, a first detector 6 which measures particles is installed to the tube section 31 and the circulating flow of a sheath solution which flows to the tube 12 side of the tube section 31 from the tube side 11 of the tube section 31 is formed in a closed loop of the flow passage 40, tube section 31, flow passage 44, and pump 52. At the same time, a sample solution is made to flow from the tube 11 and sucked with the pump 51 connected to the tube 11. The flow rates of the pumps 51 and 52 are adjusted so that the circulating flow of the sheath solution in the tube section 31 and the flow of the sample solution to the tube 12 from the tube 11 may become laminar flows.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-197440

(43) 公開日 平成10年(1998) 7月31日

(51) Int.Cl.⁹

G 0 1 N 15/14

識別記号

F I

G 0 1 N 15/14

A

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平9-4794

(22) 出願日 平成9年(1997) 1月14日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 榎 英雄

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(72) 発明者 三宅 亮

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(72) 発明者 山崎 功夫

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(74) 代理人 弁理士 鶴沼 辰之

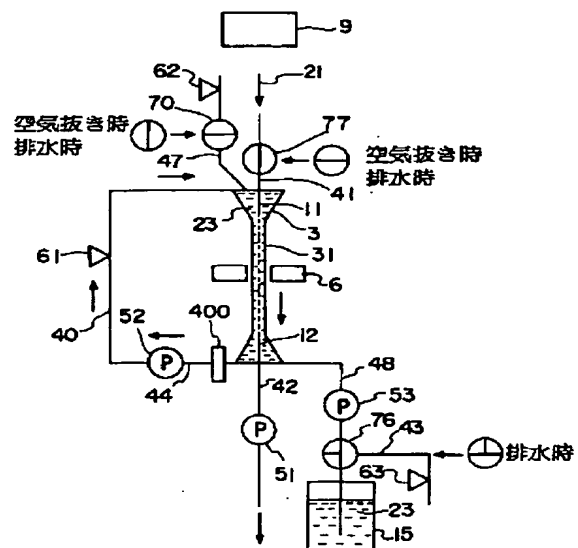
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 粒子分析装置

(57) 【要約】

【課題】 サンプル液によるシース液の汚染を防止し、シース液の消費を低減する。

【解決手段】 透明な細管部31の両端から内側に寄った位置で互いに対向して開口する導管11、12を細管部31の中心軸線上に配置し、導管12にポンプ51の吸込側を接続する。また、細管部31の導管12側端部に流路44を介してポンプ52の吸込側を接続し、ポンプ52の吐出側を流路40を介して細管部31の導管11側端部に接続する。細管部31に、粒子を計測する第1の検出器6を配置し、流路40、細管部31、流路44、ポンプ52からなる閉ループに、細管部31の導管11側から導管12側に流れるシース液の循環流を形成し、同時に、導管11からサンプル液を流入させ、導管12に接続したポンプ51で吸引する。細管部31におけるシース液の循環流と導管11から導管12に流れるサンプル液の流れが層流となるように、ポンプ51、52の流量を制御する。



3:フローセル 6:検出器 9:制御部
11,12:導管 21:サンプル液
23:シース液 31:細管部
51,52,53:ポンプ 61:検出器
70,77:弁 76:3方弁
400:フィルタ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 透明な管路を含んでなるフローセルと、前記透明な管路の一方の端部に一端を接続されたシース液流入路と、一端を前記フローセルの前記一方の端部内に開口させ他端を前記フローセル外に位置させたサンプル液供給導管と、前記フローセルの前記透明な管路の部分に配置され該管路内を流れるサンプル液に含まれる粒子を計測する第 1 の検出器と、を含んでなる粒子分析装置において、前記透明な管路の他方の端部に一端を接続され、他端をシース液駆動手段を介して前記シース液流入路の他端に接続されたシース液流出路と、一端を前記透明な管路の他方の端部内で前記サンプル液供給導管の開口に対向して開口させ、他端を前記フローセル外に位置させたサンプル液取出し導管と、前記サンプル液供給導管またはサンプル液取出し導管に接続されてサンプル液を駆動するサンプル液駆動手段と、を含んでなることを特徴とする粒子分析装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の粒子分析装置において、前記フローセルの他方の端部または前記シース液流出路を流体駆動手段を介してシース液貯溜手段に接続するシース液補充流路を設けたことを特徴とする粒子分析装置。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の粒子分析装置において、前記フローセルの一方の端部または前記シース液流入路を流体駆動手段を介してシース液貯溜手段に接続するシース液補充流路を設けたことを特徴とする粒子分析装置。

【請求項 4】 請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の粒子分析装置において、シース液駆動手段及びサンプル液駆動手段を含む流体駆動手段を流量制御する制御手段を設けたことを特徴とする粒子分析装置。

【請求項 5】 請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の粒子分析装置において、前記サンプル液供給導管に接続してサンプル液を貯溜する容器を設けたことを特徴とする粒子分析装置。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の粒子分析装置において、サンプル液の発生源から前記容器にサンプル液を供給する手段を設けたことを特徴とする粒子分析装置。

【請求項 7】 請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の粒子分析装置において、前記サンプル液供給導管に接続されてサンプル液を駆動するサンプル液駆動手段のサンプル液入り口はサンプル液取出し導管に、またサンプル液取出し導管に接続されてサンプル液を駆動するサンプル液駆動手段のサンプル液出口はサンプル液供給導管に、それぞれ接続されていることを特徴とする粒子分析装置。

【請求項 8】 請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載の粒子分析装置において、前記第 1 の検出器の上流側に前記透明な管路を流れる流体中の粒子を検出する前検出器を設け、前検出器の出力に応じてサンプル液駆動手段及びシース液駆動手段を含む各流体駆動手段を制御するように

構成されている制御手段を設けたことを特徴とする粒子分析装置。

【請求項 9】 請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載の粒子分析装置において、前記透明な管路はほぼ直線をなす管路であり、前記サンプル液供給導管の開口中心と前記サンプル液取出し導管の開口中心を結ぶ線は前記透明な管路の軸線と平行であることを特徴とする粒子分析装置。

【請求項 10】 請求項 9 に記載の粒子分析装置において、フローセル内部のサンプル液供給導管及びサンプル液取出し導管の軸線はいずれも直線をなしており、両者の軸線は同一直線上にあることを特徴とする粒子分析装置。

【請求項 11】 請求項 10 に記載の粒子分析装置において、透明な管路は円筒形をなしており、前記同一直線は透明な管路の中心軸線にほぼ一致していることを特徴とする粒子分析装置。

【請求項 12】 請求項 1 ～ 11 のいずれかに記載の粒子分析装置において、サンプル液に含まれる粒子や溶存成分を除去する浄化手段を設け、該浄化手段により浄化されたサンプル液をシース液として使用することを特徴とする粒子分析装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、流体が連続して流れる流路内で流体内に含有された粒子を順次検出分析する粒子分析装置に係り、特に粒子による流路の閉塞や粒子の滞留の防止に配慮した装置に関する。また、シース液を再利用できる装置に関する。

【0002】

【従来の技術】海洋学や陸水学の分野では海水や淡水に含まれるプランクトンの数密度や種類を顕微鏡下で目視分析することが一般に行われて来たが、広範囲のプランクトン試料に対する形態学的特徴、状態、成長状況などを検討するには膨大な時間が必要であり、観察者の主観が入ることを避けられなかった。これらの問題に対応するため、医学や細胞学の分野で発達して来たフローサイトメトリー技術が適用されてきている。

【0003】フローサイトメトリーは分析対象となる細胞などの微粒子を含むサンプル液を導管を通してフローセル内に流す。このとき導管を包むフローセルにも流体（シース液と呼ぶ）を流し、サンプル液がシース液で外側を包み込まれた状態で流れるようにする。これにフローセルの下流側に設置したレーザからの光をスポット状に照射する。サンプル液に含まれる粒子はその種類により光の散乱、吸収の程度が異なる。また、粒子に含まれる色素などが照射光により励起され蛍光を発生する場合がある。これらの光をセンサにより光電変換しそれらの信号の強度分布によりサンプル液に含まれる粒子の大きさや種類を推定する。

【0004】通常、サンプル液をフローセル内に注入す

るためには注射器状のシリンジポンプを使用する。シリンジ内に吸入されたサンプル液はバルブを切り替えることにより導管側に吐出されるが、サンプル液に含まれるプランクトンが大きい場合や凝集している場合、バルブやシリンジ内にプランクトンが停滞し流路閉塞を生じたり、計測精度の低下を招く恐れがあった。動物プランクトンなどの大形のプランクトンを分類するため直接テレビカメラで粒子を撮像する装置では、これに対処するためサンプル液を保持する容器の下端に細孔を設け、サンプル液を保持する容器を直接フローセルに取り付けることによりサンプル導入の流路を極力短くしている。

【0005】しかしながら、サンプル液を保持する容器からのサンプル液流出量は、サンプル液を保持する容器の水位とフローセル内に接続した管から供給されるシース液溜の水位差から生じる圧力差と両者を接続する流路の抵抗により決まるが、サンプル液を保持する容器の水位はサンプル液の流出に従って低下するため、サンプル液の流量が計測開始時から徐々に変化する。また、サンプル液を保持する容器の水面とシース液溜の水面はいずれも拘束されていないため、外部の振動により容易に水面が上下し圧力差が変化することによりサンプル流量が脈動する恐れがある。この影響は流路が太く流路抵抗が小さいほど大きくなるのでサンプル液に含まれるプランクトンのサイズが大きくなるほど振幅が大きくなる。これによりフローセル内のサンプル流が不安定になったり、サンプル流の断面積が変化したりしてサンプル流内のプランクトンの位置が不確定になり、テレビカメラで捉えられる粒子像がぼけるなどの影響が生じる恐れがある。従って、計測中にサンプル液を保持する容器に新たにサンプル液を追加することは困難と考えられる。

【0006】また、フローセルから出たサンプル液とシース液は出口で混合し、メッシュ状のフィルタで濾した後ポンプでシース液溜に汲み上げ、シース液として再利用することが多いため、サンプル液によるフローセルの汚染の恐れがある。

【0007】これらに関連する文献としては、Cytometry 10:522-528 (1989)、Cytometry 17:109-118 (1994) などがある。

【0008】また、特開平8-75632号公報開示の装置では、サンプル液をフィルタリングして粒子成分を除去しシース液として利用しているが、シース液は使い捨てのためフィルタの消耗が早くなる恐れがある。また、サンプル液に含まれる溶液成分によるフローセルの汚染の恐れがある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、シース液の消費量を低減させるとともに、シース液がサンプル液により汚染されることを防止するにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、シース液に囲

まれシース液とともに層流状態で流れるサンプル液の粒子をフローセル外部に配置された検出器で計測したのち、フローセル中に配置されたサンプル液取出し導管により層流状態で流れるシース液の中のサンプル液部分をシース液と分離して取り出し、のこりのシース液をシース液流出路に導いて再循環させ、再利用するようにしたものである。また、サンプル液がシース液に混入することがないように、層流状態で流れるサンプル液の周囲のシース液の一部も併せて前記サンプル液取出し導管によりシース液と分けて取り出すようにしたものである。

【0011】上記課題を解決するための本発明の第1の手段は、透明な管路を含んでなるフローセルと、前記透明な管路の一方の端部に一端を接続されたシース液流入路と、一端を前記フローセルの前記一方の端部内に開口させ他端を前記フローセル外に位置させたサンプル液供給導管と、前記フローセルの前記透明な管路の部分に配置され該管路内を流れるサンプル液に含まれる粒子を計測する第1の検出器と、を含んでなる粒子分析装置において、前記透明な管路の他方の端部に一端を接続され、他端をシース液駆動手段を介して前記シース液流入路の他端に接続されたシース液流出路と、一端を前記透明な管路の他方の端部内で前記サンプル液供給導管の開口に対向して開口させ、他端を前記フローセル外に位置させたサンプル液取出し導管と、前記サンプル液供給導管またはサンプル液取出し導管に接続されてサンプル液を駆動するサンプル液駆動手段と、を含んでなることを特徴とする。

【0012】上記課題を解決するための本発明の第2の手段は、上記第1の手段において、前記フローセルの他方の端部または前記シース液流出路を流体駆動手段を介してシース液貯溜手段に接続するシース液補充流路を設けたことを特徴とする

上記課題を解決するための本発明の第3の手段は、上記第1の手段において、前記フローセルの一方の端部または前記シース液流入路を流体駆動手段を介してシース液貯溜手段に接続するシース液補充流路を設けたことを特徴とする

上記課題を解決するための本発明の第4の手段は、上記第1～3のいずれかの手段において、シース液駆動手段及びサンプル液駆動手段を含む流体駆動手段を流量制御する制御手段を設けたことを特徴とする。

【0013】上記課題を解決するための本発明の第5の手段は、上記第1～4のいずれかの手段において、前記サンプル液供給導管に接続してサンプル液を貯溜する容器を設けたことを特徴とする。

【0014】上記課題を解決するための本発明の第6の手段は、上記第5の手段において、サンプル液の発生源から前記容器にサンプル液を供給する手段を設けたことを特徴とする。

【0015】上記課題を解決するための本発明の第7の

手段は、上記第1～6のいずれか的手段において、前記サンプル液供給導管に接続されてサンプル液を駆動するサンプル液駆動手段のサンプル液入り口はサンプル液取出し導管に、またサンプル液取出し導管に接続されてサンプル液を駆動するサンプル液駆動手段のサンプル液出口はサンプル液供給導管に、それぞれ接続されていることを特徴とする。

【0016】上記課題を解決するための本発明の第8の手段は、上記第1～7のいずれか的手段において、前記第1の検出器の上流側に前記透明な管路を流れる流体中の粒子を検出する前検出器を設け、前検出器の出力に応じてサンプル液駆動手段及びシース液駆動手段を含む各流体駆動手段を制御するように構成されている制御手段を設けたことを特徴とする。

【0017】上記課題を解決するための本発明の第9の手段は、上記第1～8のいずれか的手段において、前記透明な管路はほぼ直線をなす管路であり、前記サンプル液供給導管の開口中心と前記サンプル液取出し導管の開口中心を結ぶ線は前記透明な管路の軸線と平行であることを特徴とする。

【0018】上記課題を解決するための本発明の第10の手段は、上記第9の手段において、フローセル内部のサンプル液供給導管及びサンプル液取出し導管の軸線はいずれも直線をなしており、両者の軸線は同一直線上にあることを特徴とする。

【0019】上記課題を解決するための本発明の第11の手段は、上記第10の手段において、透明な管路は円筒形をなしており、前記同一直線は透明な管路の中心軸線にほぼ一致していることを特徴とする。

【0020】上記課題を解決するための本発明の第12の手段は、上記第1～11のいずれか的手段において、サンプル液に含まれる粒子や溶存成分を除去する浄化手段を設け、該浄化手段により浄化されたサンプル液をシース液として使用することを特徴とする。

【0021】

【発明の実施の形態】本発明の実施例である粒子分析装置を図1に示す。まず、装置構成について説明する。図示の粒子分析装置は、透明部材からなる細管部31を備えたフローセル3と、フローセル3の両端に細管部31を隔てかつ軸線を一致させて対向配置され一端をフローセル内で開口させ他端をフローセル外に位置させたサンプル液供給導管（以下、導管11という）、サンプル液取出し導管（以下、導管12という）と、導管11の他端に接続され弁77を介装した流路41と、導管12の他端に接続されサンプル液駆動手段（以下、ポンプ51という）を介装した流路42と、フローセル3の上端部（導管11が配置された側の端部）に接続され弁70を介装した泡抜き用の流路47と、シース液23を貯える容器15と、フローセル3の下端部（導管12が配置された側の端部）をポンプ53、三方弁76を介して前記

容器15底部に接続する流路48と、吸込側をフィルタ400を介装したシース液流出路（以下、流路44という）を介してフローセル3の下端部に接続し、吐出側をシース液流入路（以下、流路40という）を介してフローセル3の上端部に接続したシース液駆動手段（以下、ポンプ52という）と、フローセル3の細管部31に配置され細管部31の内部を通過する流体や粒子の情報を取得する第1の検出器6と、流路47に設けた気液判別センサ62と、流路40に設けられサンプル液21の混入割合を検知する第2の検出器61と、前記三方弁76の他の出口に接続された流路43と、流路43に設けられた気液判別センサ63と、装置の各要素をコントロールする制御部9と、を含んで構成されている。

【0022】フローセル3の細管部31は中心軸が直線の円筒形で、導管11、12の軸線は、細管部31の中心線に一致している。流路41は導管11の他端をサンプル液21の存在する図示しない容器または配管に接続している。一方、流路42は導管12の他端をポンプ51を介して図示しない容器または配管に接続している。

流路40とフローセル3は、シース液23が循環する閉ループを形成している。ポンプ51、52がサンプル液、シース液をそれぞれ駆動する流体駆動源である。ポンプ53は吐出側をフローセル3側にして配置されている。制御部9は、あらかじめ設定されたプログラムまたは操作者からの入力により、各要素（第1の検出器6、第2の検出器61、気液判別センサ62、63、ポンプ51、52、53、弁70、77、三方弁76）からの状態信号を受けたり、各要素（ポンプ51、52、53、弁70、77、三方弁76）へ動作指令信号を発したりする（信号線は図示していない）。ポンプ51、52、53はいずれも制御部9により流量制御可能としてある。

【0023】次に、上記構成の装置の動作について説明する。初期状態では流路40およびフローセル3内は空の状態とする。これにシース液23を容器15からポンプ53によりフローセル3内に送り込む。このとき、弁70を開放し流路47を通してフローセル3から空気が抜ける状態とする。また、弁77を閉じシース液23が流路41に逆流しないようにする。また、これと同時にポンプ52を起動し流路40内にシース液23を吸い込む。これによりフローセル3と流路40からなる閉ループから流路47を通して空気が追い出される。空気抜きが終了したかどうかは例えば、流路47に設けた気液判別センサ62により検出し、空気抜きが終了したらポンプ52、ポンプ53を停止する。また、弁70を閉じ、弁77を開く（この操作を初期設定という）。

【0024】測定時にはポンプ52を駆動し、閉ループのシース液23を図上、時計回りに循環させる。この方向は、導管11を通るサンプル液の流れ方向と、フローセル3の細管部31を流れるシース液の流れ方向が一致

する方向である。このときシース液23の流量はフローセル3内の流れが層流に保たれるような流量とする。次に、ポンプ51を駆動しサンプル液21をフローセル3内に吸引する。このときのサンプル液吸引量もフローセル3内の流れが層流に保たれる流量とする。なお、層流の条件はレイノルズ数で規定できるのでレイノルズ数が小さな範囲に流量を設定することが望ましい($Re < 230$ 以下)。フローセル3内に入ったサンプル液21はシース液23により包み込まれてフローセル3の中心軸付近を流れて細管部31を通過し第1の検出器6により計測される。

【0025】フローセル3内に吸入されたサンプル液21に相当する体積分の流体は導管12から吸引され閉ループから除かれる。言い換えると、ポンプ51で吸引される体積と等しい体積のサンプル液21が導管11を経てフローセル3に導入される。フローセル3に導入されたサンプル液21は、前述のように、シース液23により包み込まれてフローセル3の中心軸付近を流れて細管部31を通過し、フローセル3の中心軸線上に開口する導管12に吸引され、流路42を経て排出される。したがって、ポンプ52に吸引されて閉ループを循環する流体に混入されるサンプル液21の量は少なく、シース液のサンプル液による汚染も限られたものとなり、繰返し使用が可能となる。もっとも、サンプル液21は層流で中心軸付近を流れていて導管12に導かれ、大部分は導管12に流入するがその一部は閉ループ内に混入する可能性がある。このため、第1の検出器6または閉ループ内に設けた第2の検出器61によりサンプル液21のシース液23への混入割合を検知し、一定量を超えた場合、閉ループ内の液体を排出し清浄なシース液と交換する。シース液23へのサンプル液21の混入割合は、電気伝導度や吸光度などの測定で検出できる。

【0026】シース液交換時はポンプ51を停止し、弁70を開き、弁77を閉じ、3方弁76を切り替え、ポンプ53を逆転し閉ループ内の液体を流路43に排出する。液体の排出終了の確認は気液判別センサ63により行う。液体の排出が確認された後は初期状態と同様となるので前述の初期設定と同様の動作を行う。

【0027】また、シース液23に混入する粒子を除くフィルタ400を閉ループに設けてもよい。この場合、液体の排出前にポンプ52を逆転しフィルタ400を逆洗しフィルタ400にトラップされた粒子などを閉ループ内の液体内に放出するようにしてもよい。また、フィルタ400の閉塞はフィルタ前後の圧力差を検知する圧力センサ(図示しない)によりフィルタの圧損を計測し圧損が一定値以上になった場合、警報を発し交換時期を知らせたり逆洗を行うこととしてもよい。なお、シース液23の循環方向を反時計回りとしサンプル液21の供給を流路42側としてポンプ51によりサンプル液21を注入する方式としてもよい。

【0028】また、図2に示すように流路41側にポンプ51を設置してサンプル液21を注入する方式としてもよい。また、この場合、シース液23の循環方向を反時計回りとし、サンプル液供給側を流路42側としてポンプ51によりサンプル液21を吸入する方式としてもよい。

【0029】なお、ポンプとしては一軸偏心ねじポンプやギアポンプなど連続運転が可能で流れの方向を逆転できるものが望ましいが、シリンジポンプ等の間欠運転を行うポンプを使用してもよいことは言うまでもない。その場合、図1に対応する構成は図3に示すように、流路42に三方弁78を介してシリンジポンプ511を接続し、シリンジポンプ511によりフローセル3内から流体を吸引した後3方弁78を切り替え、シリンジポンプ511から流路45を経て流体を排出する形となる。また、図2に対応する構成は図4に示すように、流路41に三方弁78を介してシリンジポンプ511を接続し、シリンジポンプ511によりサンプル液21を流路46を経て一旦吸引した後3方弁78を切り替えてフローセル3に送り込むこととなる。なお、以下の実施例でも図2、図3、図4の構成を適用できる。また、サンプル液を図示しない浄化手段により濾過するなどしてシース液を生成とすることとしてもよい。この場合でもサンプル液に含まれる成分によるフローセルなどの汚染の恐れがあるがシース液が循環再利用されるためサンプル液に含まれる成分のフローセルなどの流路内壁への吸着量は少なくなるので、汚染の進行が遅くなる。また、シース液を使い捨てにしないので浄化手段の消耗も少なくなる。

【0030】また、サンプル液が清澄な場合は流路48以前のシース液供給部分を省略し、導管から流入するサンプル液を閉ループに満たし循環させることとしてもよい。

【0031】本実施例によれば、シース液を循環使用できるのでシース液の消費量が減少しランニングコストの低下、装置の小形化が可能となる。また、サンプル液の大部分を出口側の導管から回収できるのでサンプル液の再利用、再測定が可能になる。さらに、測定後のサンプル液をシース液と別の流路で排出するので、サンプル液が特別の処理を要する汚染物質の場合、測定後も汚染物質の量が増加せず、廃棄物処理のコストが増加するのが避けられる。

【0032】本発明の第2の実施例を図5に示す。本実施例と前記第1の実施例の相違点は、ポンプ52出側の流路40とシース液貯溜手段である容器15の底部をポンプ54を介して連通するシース液補充流路として流路404を設けた点である。ポンプ54も他のポンプと同様、流量制御可能としてある。他の構成は同一であるので、同一の符号を付して説明を省略する。ポンプ54は吐出側が流路40側となるように配置されている。ポンプ51の流量をQ1、ポンプ52の流量をQ2、ポンプ

54の流量を Q_3 としフローセル3の端部32（導管11が配置された側の端部）へのシース液23の流入量を Q_4 、流路41側からフローセル3へのサンプル液の流入量を Q_5 とすると、流路40とフローセル3からなる閉ループへの液体の出入りは釣り合っていないから、

$$Q_1 = Q_3 + Q_5$$

が成り立つ。またフローセル3への出入りも釣り合っているから、

$$Q_1 + Q_2 = Q_4 + Q_5$$

となる。したがって、サンプル液の流入量 Q_5 は、ポンプ51の流量 Q_1 とポンプ54の流量 Q_3 により決まり、

$$Q_5 = Q_1 - Q_3$$

となるので、ノズル12から出て行く量（ポンプ51の流量） Q_1 はサンプル液の流入量 Q_5 よりも大きくなる。また、シース液の流入量 Q_4 は、ポンプ52の流量 Q_2 とポンプ54の流量 Q_3 から、

$$Q_4 = Q_2 + Q_3$$

ときまる。したがって、ポンプ54によりサンプル液の流入量が Q_3 だけ減少し、それに相当してシース液の流入量が Q_3 増加することになる。この時、例えば、図6に示すようにフローセル3の形状を、細管部31の両端部にそれぞれ円錐台状部分とこの円錐台状部分に連結された円筒部を接続して上下対称とし、導管11、導管12の形状を同一とし配置を上下対称の位置とする。 $Q_3 = 0$ の場合、フローセル3内の流れが層流とすると、導管11から吸入されたサンプル液21はまわりをシース液23に囲まれた状態で互いに混じりあうことなく細管部31を通過して導管12に達する。しかしながら、導管11から出るサンプルの流れ（サンプル流）はフローセル3の流入側の端部32の形状に応じて縮小されるが、導管12に達したときはフローセル3の流出側の端部33の形状に応じて拡大されるため、導管12に達した時のサンプル流の断面形状、流速分布は導管11から出た時のサンプル流の断面形状、流速分布と必ずしも一致しない。従って、サンプル液21の一部が導管12から回収できずにシース液23に混入し閉ループに入り込む。

【0033】また、フローセル3を通過している間にサンプル液21とシース液23の境界を介して拡散が起こりシース液23の境界付近にサンプル液21の一部が混入した混合部22が生じる。

【0034】以上の2原因によりシース液23にサンプル液21が混入するのでポンプ54の流量 Q_3 を調整し、サンプル液21周辺のシース液23をサンプル液21と併せて導管12から吸引し、ポンプ52に吸引されるシース液23へのサンプル液21の混入を防ぐ。

【0035】なお、フローセルの形状、導管の形状、位置については上下対称としたが、上下対称でなくても、

サンプル液出口側の導管がサンプル液21全部とシース液23の一部を捉えられればよいことは言うまでもない。

【0036】本実施例によれば、ポンプ54から少量のシース液を閉ループに注入することで、前記第1の実施例による効果に加え、サンプル液とシース液の混合によるシース液の汚染がさらに少なくなるのでフローセルや流路の汚れが防止でき、シース液の消耗を低減できるという効果がある。

10 【0037】本発明の第3の実施例を図7に示す。本実施例の装置が前記第2の実施例と相違する点は、ポンプ54の吐出側のシース液補充流路（流路405）の接続先がポンプ52の吐出側の流路40ではなくポンプ52の吸込側とフィルタ400の間の流路44になっている点である。他の構成は前記第2の実施例と同じであるので、それらには同一の符号を付し、説明を省略する。ポンプ51の流量を Q_1 、ポンプ52の流量を Q_2 、ポンプ54の流量を Q_3 とし、フローセル3の端部32へのシース液23の流入量を Q_4 、流路41側からフローセル3へのサンプル液の流量を Q_5 とすると、流路40とフローセル3からなる閉ループへの液体の出入りが釣り合っているから、

$$Q_1 = Q_3 + Q_5$$

が成り立つ。一方、フローセル3への出入りも釣り合っているから、

$$Q_1 + Q_2 = Q_4 + Q_5 + Q_3$$

となる。また、この場合、シース液の流入量 Q_4 は、ポンプ52の流量 Q_2 と一致する。フローセル3の形状を図6の場合と同じく上下対称とし導管11、導管12の形状を同一とし配置を上下対称の位置とする。 $Q_3 = 0$ の場合、第2の実施例と同様にサンプル液21の一部がシース液23に混入する恐れがあるが、図5の実施例と同様にポンプ53の流量を調整しサンプル液21周辺のシース液23をサンプル液21と併せて導管12に吸引し、ポンプ52に吸引されるシース液23へのサンプル液21の混入を防ぐ。

【0038】なお、フローセルの形状、導管の形状、位置については上下対称としたが、上下対称でなくてもサンプル液出口側の導管12がサンプル液の全部とシース液の一部を捉えられればよいことは言うまでもない。

【0039】本実施例によれば、ポンプ54から少量のシース液を閉ループに注入することで、前記第1の実施例による効果に加え、サンプル液とシース液の混合によるシース液の汚染がさらに少なくなるので、フローセルや流路の汚れが防止でき、シース液の消耗を低減できるという効果がある。

【0040】図8に本発明の第4の実施例を示す。本実施例の装置が前記第1の実施例と異なるのは、サンプル液21をフローセル3に導入する流路41の一端をサンプル液21が保持された容器13の底に接続した点であ

る。他の構成は前記第 2 の実施例と同じであるので、それらには同一の符号を付し、説明を省略する。サンプル液 2 1 の供給、追加は人手によりビーカーなどの容器 1 6 から注ぐこととしてもよいし、ポンプや高低差などの送液手段 5 5 によりサンプル液 2 1 を例えば湖沼や河川などの取水場所 2 5 から配管 4 9 により容器 1 3 に供給してもよい。なお、本実施例では図 1 の実施例と類似の構成であるが、図 5、図 7 の実施例の様にポンプ 5 4 を追加した構成としてもよいことは言うまでもない。

【0041】本実施例によれば、前記第 1 の実施例による効果に加え、サンプル液が流れる流路が短縮できるので粒子などによる詰まりが生じにくい。また容器 1 3 がサンプル液入り側を開放しているので人手による追加などサンプル液の供給が随意、随時にできる。

【0042】図 9 に本発明の第 5 の実施例を示す。本実施例が前記第 1 の実施例と異なるのは、サンプル液 2 1 をフローセル 3 に導入する流路 4 1 の一端をサンプル液 2 1 が保持された容器 1 3 の底に接続し、ポンプ 5 1 の出側の流路 4 2 の下流端を前記容器 1 3 に接続した点である。他の構成は前記第 1 の実施例と同じであるので、それらには同一の符号を付し、説明を省略する。すなわち、本実施例は、サンプル液 2 1 の出側の流路 4 2 から入り側の容器 1 3 にサンプル液 2 1 を返送する構成である。なお、本実施例では図 1 の実施例と類似の構成であるが、図 5、図 7 の実施例の様にポンプ 5 4 を追加した構成としてもよいことは言うまでもない。

【0043】本実施例によれば、前記第 1 の実施例による効果に加え、サンプル液の大部分を出口側の導管 1 2、流路 4 2 を経て容器 1 3 に回収できるので、サンプル液の再利用、再測定が可能になる。また、同一サンプル液の時間変化が計測できる。また、本実施例はサンプル液の損失が少ないので少量・貴重サンプルの測定に適している。なお、本実施例では、流路 4 2 は容器 1 3 に接続されているが、流路 4 1 に接続した構成としても差し支えない。また、図 2 に示された例のように、ポンプ 5 1 が流路 4 1 に設けられている場合は、流路 4 2 の下流端をポンプ 5 1 の吸込側に接続すれば同様の効果が得られる。

【0044】図 10 に本発明の第 6 の実施例を示す。本実施例が前記第 1 の実施例と相違するのは、制御部 9 にポンプ 5 2 とポンプ 5 1 を同時に停止する手段を設け、第 1 の検出器 6 の上流側に、粒子を検出する前検出器 6 5 を設けた点である。他の構成は前記第 1 の実施例と同じであるので、それらには同一の符号を付し、説明を省略する。制御部 9 に設けた押しボタンスイッチが押されたり、第 1 の検出器 6 の上流側に設けた前検出器 6 5 で粒子を検出すると、ポンプ 5 1、5 2 を停止することとしてある。ポンプ 5 2 とポンプ 5 1 を同時に停止することによりサンプル液 2 1 の流れが停止する（同時にシース液 2 3 の流れも停止する）。

【0045】粒子の検出には光源から発した光を細管 3 1 内に収束し、粒子による光の吸収、散乱や蛍光を光検出器で検知するなどの公知の粒子検出技術が適用できる。流れが停止した状態でもサンプル液 2 1 はシース液 2 3 に包まれた状態にあり、サンプル液 2 1 に含まれた粒子は周囲の液体との比重差により浮上または沈降したり、運動性のある場合は任意の方向に移動したりして第 1 の検出器 6 の検出範囲から逸脱するが、逸脱するまでの時間各粒子の動きの情報を取得することができる。第 1 の検出器 6 が光源と I T V カメラを含んでなる場合は、映像信号を画像処理装置で処理し二値化やエッジ検出、ラベリングなどの公知の画像処理技術により連続する画像間の処理を行って粒子の沈降速度や運動性の有無を判断できる。また、シース液 2 3 にサンプル液 2 1 に含まれる特定の成分と反応し発色する試薬を混合しておけば、ポンプ停止からサンプル液 2 1 とシース液 2 3 が拡散により混合することによりサンプル液 2 1 の前記特定の成分と試薬が反応し発色する。この発色による光の吸収を第 1 の検出器 6 で検知し、サンプル液 2 1 に含まれた前記特定の成分の濃度を測定できる。

【0046】本実施例によれば、前記第 1 の実施例による効果に加え、サンプル液の流れを停止するので、サンプル液内に含まれる粒子や溶解成分の詳細な分析が可能になる。

【0047】

【発明の効果】本発明によれば、シース液を循環使用できるのでシース液の消費量が減少しランニングコストの低下、装置の小形化が可能となる。また、サンプル液の大部分を出口側の導管から回収できるのでサンプル液の再利用、再測定が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施例の要部構成を示す系統図である。

【図 2】図 1 に示す実施例の変形例を示す系統図である。

【図 3】図 1 に示す実施例の他の変形例を示す系統図である。

【図 4】図 1 に示す実施例のさらに他の変形例を示す系統図である。

【図 5】本発明の第 2 の実施例の要部構成を示す系統図である。

【図 6】図 5 に示す実施例における流れの詳細を示す断面図である。

【図 7】本発明の第 3 の実施例の要部構成を示す系統図である。

【図 8】本発明の第 4 の実施例の要部構成を示す系統図である。

【図 9】本発明の第 5 の実施例の要部構成を示す系統図である。

50 【図 10】本発明の第 6 の実施例の要部構成を示す系統

図である。

【符号の説明】

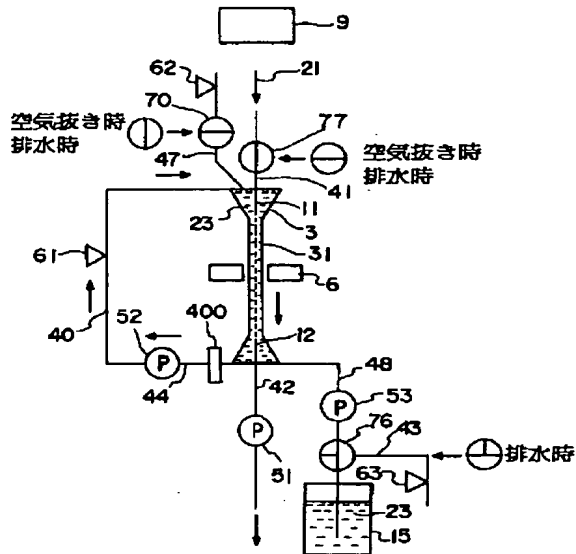
3 フローセル
9 制御部
12 導管
15 容器
22 混合部
24 流れ
31 細管部
33 端部
41 流路
43 流路
45 流路

6 第1の検出器
11 導管
13 容器
21 サンプル液
23 シース液
25 取水場所
32 端部
40 流路
42 流路
44 流路
46 流路

* 47 流路
49 配管
52 ポンプ
54 ポンプ
61 第2の検出器
ンサ
63 気液判別センサ
70 弁
77 弁
10 400 フィルタ
405 流路
ポンプ

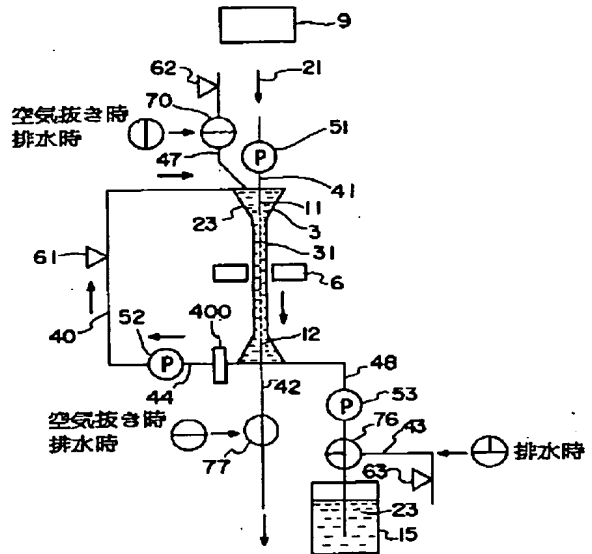
48 流路
51 ポンプ
53 ポンプ
55 送液手段
62 気液判別セ
65 前検出器
76 3方弁
78 3方弁
404 流路
511 シリンジ

【図1】



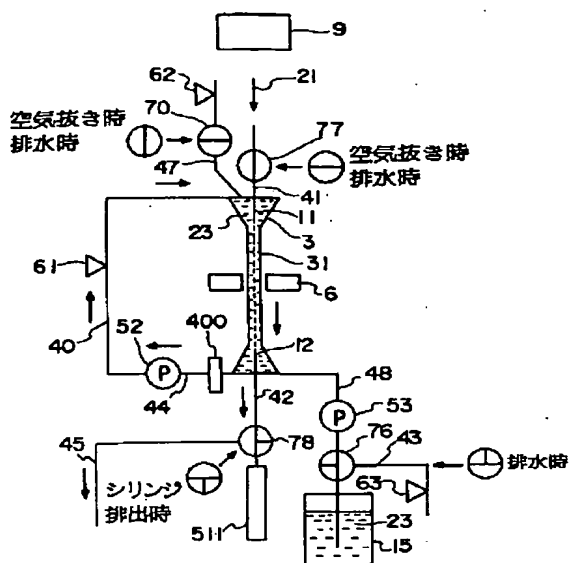
3:フローセル 6:検出器 9:制御部
11,12:導管 21:サンプル液
23:シース液 31:細管部
51,52,53:ポンプ 61:検出器
70,77:弁 76:3方弁
400:フィルタ

【図2】



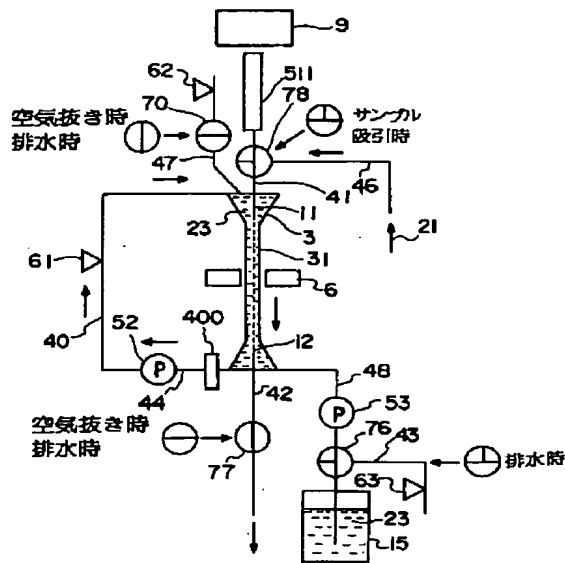
3:フローセル 6:検出器 9:制御部
11,12:導管 21:サンプル液
23:シース液 31:細管部
51,52,53:ポンプ 61:検出器
70,77:弁 76:3方弁
400:フィルタ

【図3】



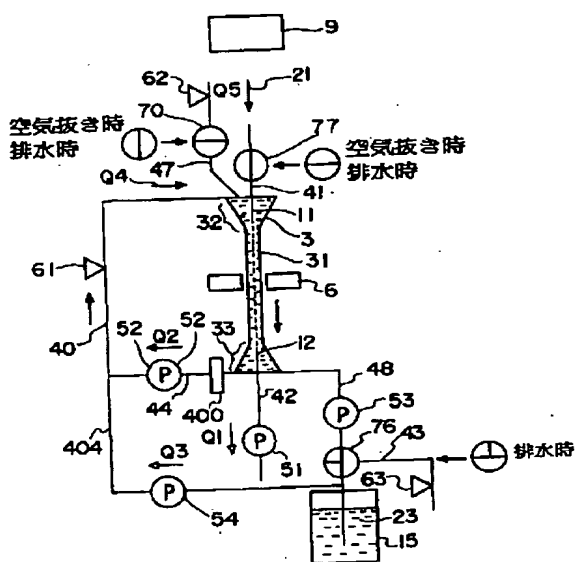
3:フローセル 6:検出器 9:制御部
 11,12:導管 21:サンプル液
 23:シース液 31:細管部
 52,53:ポンプ 61:検出器
 70,77:弁 76:3方弁
 400:フィルタ 511:シリンジポンプ

【図4】



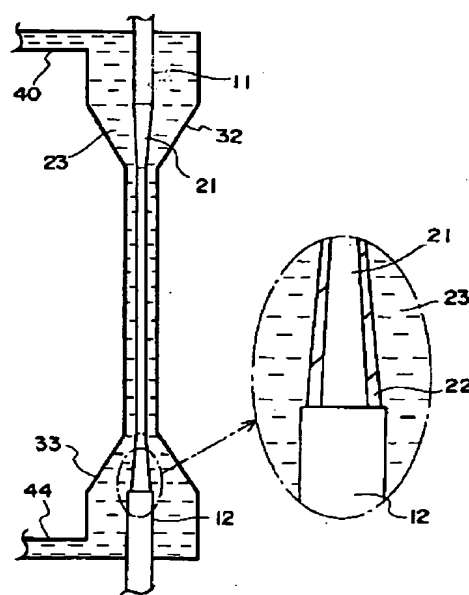
3:フローセル 6:検出器 9:制御部
 11,12:導管 21:サンプル液
 23:シース液 31:細管部
 52,53:ポンプ 61:検出器
 70,77:弁 76:3方弁
 400:フィルタ 511:シリンジポンプ

【図5】



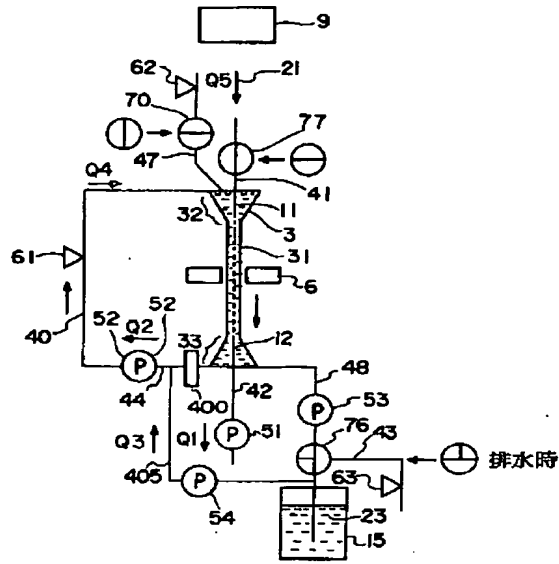
3:フローセル 6:検出器 9:制御部
 11,12:導管 21:サンプル液
 23:シース液 31:細管部 32:端部
 33:端部 51,52,53,54:ポンプ
 61:検出器 70,77:弁 76:3方弁
 400:フィルタ

【図6】



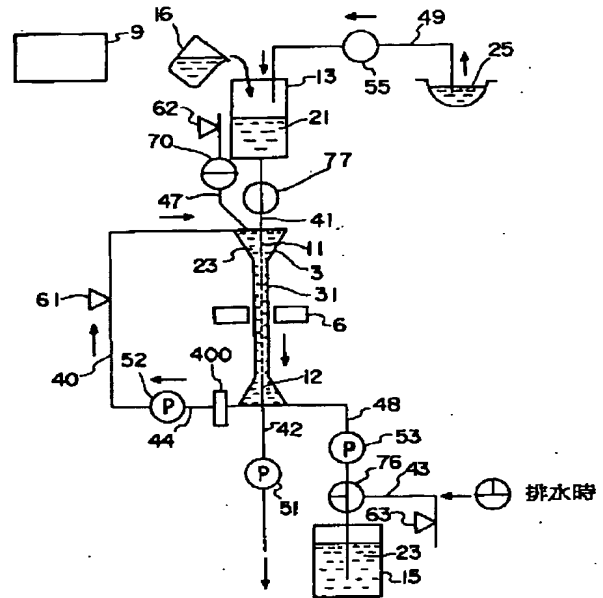
3:フローセル 11,12:導管 21:サンプル液
 22:混合部 23:シース液 31:細管部

【図7】



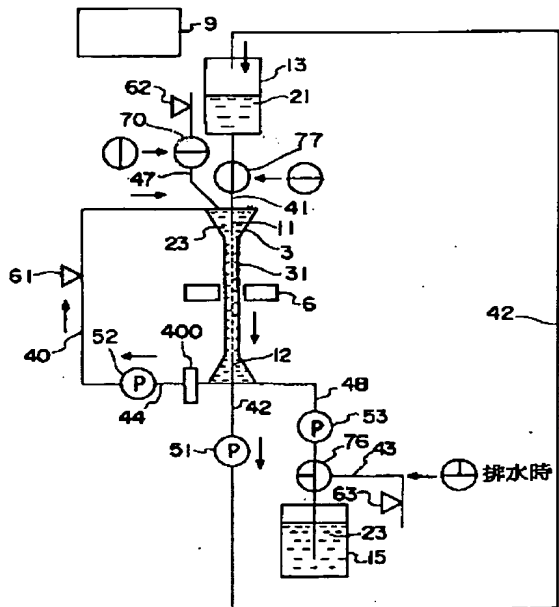
3:フローセル 6:検出器 9:制御部
 11,12:導管 21:サンプル液 23:シース液
 31:細管部 51,52,53,54:ポンプ
 61:検出器 70,77:弁 76:3方弁
 400:フィルタ

【図8】



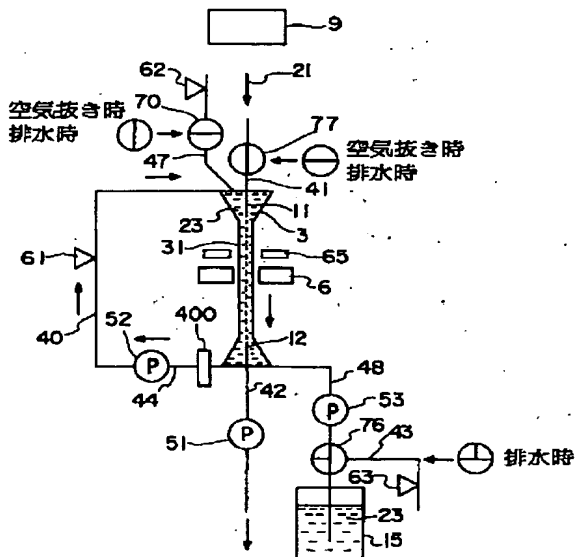
3:フローセル 6:検出器 9:制御部
 11,12:導管 21:サンプル液 23:シース液
 25:取水場所 31:細管部 49:配管
 51,52,53:ポンプ 55:送液手段
 61:検出器 70,77:弁 76:3方弁
 400:フィルタ

【図9】



3:フローセル 6:検出器 9:制御部
 11,12:導管 21:サンプル液
 23:シース液 31:細管部
 51,52,53:ポンプ 61:検出器
 70,77:弁 76:3方弁
 400:フィルタ

【図10】



3:フローセル 6:検出器 9:制御部
 11,12:導管 21:サンプル液 23:シース液
 25:取水場所 31:細管部 49:配管
 51,52,53:ポンプ
 61:検出器 65:前検出器 70,77:弁
 76:3方弁 400:フィルタ

フロントページの続き

(72)発明者 塚田 勝男
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株
式会社日立製作所計測器事業部内
(72)発明者 原田 勝仁
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株
式会社日立製作所計測器事業部内
(72)発明者 黒石 忠文
茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株
式会社日立製作所計測器事業部内

(72)発明者 依田 幹雄
茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株
式会社日立製作所大みか工場内
(72)発明者 原 直樹
茨城県日立市大みか町五丁目2番1号 株
式会社日立製作所大みか工場内
(72)発明者 圓佛 伊智朗
茨城県日立市大みか町7丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内
(72)発明者 宮代 明
茨城県日立市大みか町7丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内